

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 0 835 035 A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
08.04.1998 Bulletin 1998/15

(51) Int Cl.<sup>6</sup>: H04Q 11/00, H04J 3/06,  
H04J 14/08

(21) Numéro de dépôt: 97402261.8

(22) Date de dépôt: 29.09.1997

(84) Etats contractants désignés:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

• De Bouard, Dominique  
91700 Ste Genevieve des Bois (FR)  
• Sotom, Michel  
75015 Paris (FR)

(30) Priorité: 07.10.1996 FR 9612187

(71) Demandeur: ALCATEL ALSTHOM COMPAGNIE  
GENERALE D'ELECTRICITE  
75008 Paris (FR)

(74) Mandataire: Fournier, Michel et al  
c/o ALCATEL ALSTHOM,  
Intellectual Property Department,  
30, avenue Kléber  
75116 Paris (FR)

(72) Inventeurs:  
• Chiaroni, Dominique  
92160 Antony (FR)

### (54) Dispositif à retard variable pour signaux optiques

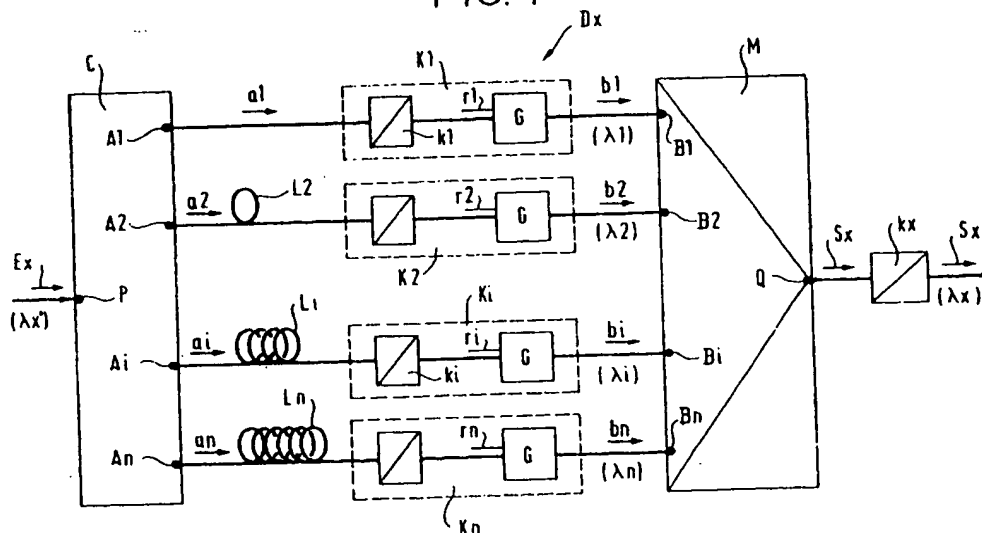
(57) Afin de réduire son temps de commutation, le dispositif à retard (Dx) comprend un coupleur (C) et un multiplexeur (M) comportant n entrées (B1-Bn) calées respectivement sur n longueurs d'onde ( $\lambda_1$ - $\lambda_n$ ) distinctes. Des entrées (B2-Bn) du multiplexeur (M) sont couplées respectivement à des sorties (A2-A<sub>n</sub>) du coupleur (C) par l'intermédiaire de dispositifs de conversion de longueur d'onde (K2, Ki, Kn) et de lignes à retard (L2, Li, Ln) toutes différentes. Chaque dispositif de conver-

sion (Ki) possède une fonction de porte optique amplificatrice (G) et fournit à l'entrée correspondante (Bi) du multiplexeur (M) une onde portée par la longueur d'onde ( $\lambda_i$ ) associée à cette entrée (Bi).

L'invention concerne également un dispositif de synchronisation de canaux d'un multiplex de longueurs d'onde utilisant le dispositif à retard variable.

Application notamment à la synchronisation de paquets optiques dans un réseau optique commuté.

FIG. 1



EP 0 835 035 A1

## Description

L'invention se situe dans le domaine des transmissions d'informations utilisant des liaisons optiques et concerne plus particulièrement les dispositifs optiques à retard. Ces dispositifs sont employés notamment dans les réseaux "tout optique" commutés pour résoudre des problèmes de synchronisation de paquets, en vue de gérer les conflits dans les systèmes de commutation.

Un premier type de dispositif à retard connu consiste à placer en cascade alternativement des commutateurs optiques et des lignes à retard calibrées. Le chemin parcouru par une onde appliquée à l'entrée du dispositif est fonction des commandes appliquées aux commutateurs optiques. Cette solution présente toutefois l'inconvénient d'introduire du bruit interférométrique.

Un autre type de dispositif à retard consiste à placer en cascade un convertisseur de longueur d'onde accordable, un démultiplexeur optique et un multiplexeur optique, les sorties du démultiplexeur étant couplées aux entrées homologues du multiplexeur par l'intermédiaire de lignes à retard de longueurs toutes différentes. Ainsi, en fonction de sa longueur d'onde, l'onde fournie par le convertisseur est aiguillée vers une seule des lignes à retard.

Cette solution présente l'avantage de la simplicité mais elle est difficile à mettre en oeuvre si l'on souhaite obtenir des temps de commutation très courts. Par ailleurs, il convient de prévoir des moyens pour réaliser l'accord dynamique de la porteuse du convertisseur.

L'invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents. Dans ce but, l'invention a pour objet un dispositif pour créer un retard variable entre une onde optique de sortie et une onde optique d'entrée modulées entre des niveaux bas et haut de puissance, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un coupleur comprenant au moins une entrée pour recevoir l'onde optique d'entrée, et n sorties pour fournir des parties de ladite onde d'entrée,
- un multiplexeur comprenant au moins une sortie pour fournir l'onde optique de sortie, et n entrées calées respectivement sur n longueurs d'ondes différentes associées, lesdites entrées du multiplexeur étant couplées respectivement aux sorties du coupleur par l'intermédiaire de dispositifs de conversion de longueur d'onde associés et, pour au moins n-1 entrées du multiplexeur, respectivement par l'intermédiaire de lignes à retard toutes différentes,

et en ce que chaque dispositif de conversion a une fonction de porte optique amplificatrice pour fournir sélectivement une onde convertie modulée en fonction de ladite onde d'entrée et portée par une longueur d'onde égale à celle associée à ladite entrée.

Grâce à la présence de portes optiques amplifica-

trices, c'est-à-dire d'amplificateurs optiques généralement optimisés pour permettre une variation rapide de gain en fonction d'une commande électrique, la commutation peut être très rapide, typiquement inférieure à 300 picosecondes, contrairement aux solutions utilisant des convertisseurs de longueur d'onde accordables. En outre, les porteuses sont stables puisque chaque convertisseur émet avec une longueur d'onde fixe. Par ailleurs, les gains des amplificateurs peuvent être réglés, ce qui permet d'ajuster la puissance du signal de sortie et de le rendre indépendant du retard appliqué. Enfin, l'utilisation de portes optiques ayant un taux d'isolation élevé associées à un multiplexeur assure la séparation spectrale, ce qui évite la création de bruit interférométrique.

Selon un aspect de réalisation de l'invention, chaque dispositif de conversion de longueur d'onde comprend un amplificateur optique semi-conducteur couplé d'une part à l'une desdites sorties du coupleur et d'autre part à un oscillateur laser fournissant une onde de sonde, ledit amplificateur étant prévu pour fonctionner en régime de saturation lorsque l'onde optique d'entrée est à son niveau haut de puissance, ladite onde convertie modulée étant ladite onde de sonde amplifiée par ledit amplificateur.

Selon cette réalisation, l'amplificateur optique semi-conducteur joue à la fois le rôle de porte optique amplificatrice et de convertisseur de longueur d'onde.

L'invention a également pour objet un dispositif de synchronisation de canaux d'un multiplex de longueurs d'onde utilisant le dispositif à retard variable selon l'invention.

D'autres aspects et avantages de l'invention apparaîtront dans la suite de la description en référence aux figures.

- La figure 1 représente un dispositif à retard selon l'invention.
- La figure 2 représente un mode de réalisation préféré d'un dispositif de conversion de longueur d'onde ayant la fonction de porte optique amplificatrice.
- La figure 3 représente un dispositif de synchronisation de canaux d'un multiplex de longueurs d'onde utilisant le dispositif à retard selon l'invention.

Le dispositif à retard variable  $D_x$  représenté à la figure 1 comporte un coupleur C muni d'une entrée P et de n sorties A1, A2, Ai, An. L'entrée P est prévue pour recevoir un signal optique d'entrée Ex. Ce signal a la forme d'une porteuse, de longueur d'onde  $\lambda_x$ , modulée en puissance. La première sortie A1 du coupleur C est reliée à une entrée B1 d'un multiplexeur M par l'intermédiaire d'un dispositif de conversion de longueur d'onde K1. Les autres sorties A2, Ai, An du coupleur sont reliées chacune à une entrée B2, Bi, Bn du multiplexeur M par l'intermédiaire d'une ligne à retard L2, Li, Ln et d'un dispositif de conversion de longueur d'onde K2, Ki, Kn. La sortie Q du multiplexeur M fournit le signal de

sortie  $S_x$  qui a également la forme d'une porteuse modulée en puissance.

Si l'on souhaite disposer d'un signal de sortie de longueur d'onde déterminée  $\lambda_x$ , la sortie  $Q$  sera reliée à un convertisseur de longueur d'onde de sortie  $k_x$  prévu pour fournir un signal de sortie converti  $S_x'$  portée par cette longueur d'onde  $\lambda_x$ .

Selon une première possibilité de réalisation, chaque dispositif de conversion, par exemple  $K_i$ , comporte un convertisseur de longueur d'onde  $k_i$  couplé à une porte optique amplificatrice  $G$  commandable par un signal de commande  $r_i$ . Chaque convertisseur  $k_i$  reçoit une partie  $a_i$  de l'onde d'entrée  $E_x$  par l'intermédiaire de la ligne à retard associée  $L_i$  ou directement pour le convertisseur  $k_1$ . Les portes optiques  $G$  reçoivent respectivement des convertisseurs  $k_1, k_2, k_i, k_n$  des ondes converties portées respectivement par les longueurs d'onde  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_i, \lambda_n$ . Ces longueurs d'onde sont celles sur lesquelles sont calées respectivement les entrées  $B_1, B_2, B_i, B_n$  du multiplexeur  $M$ .

En fonctionnement, des signaux de commande  $r_1, r_2, r_i, r_n$  sont appliqués sélectivement aux portes  $G$  des dispositifs de conversion de longueur d'onde  $K_1, K_2, K_i, K_n$ . Lorsqu'une onde modulée  $E_x$  est appliquée à l'entrée  $P$  du coupleur  $C$ , la ou les portes  $G$  actives fournissent aux entrées correspondantes du multiplexeur  $M$  des ondes retardées  $b_1, b_2, b_i, b_n$ , avec un retard fonction de la ligne à retard  $L_2, L_i, L_n$  associée. Le multiplexeur  $M$  fournit alors par sa sortie  $Q$  le signal de sortie  $S_x$  qui est alors composé de cette ou de ces ondes retardées.

Optionnellement, le convertisseur de sortie  $k_x$  fournit à partir du signal  $S_x$  un signal de sortie converti  $S_x'$  porté par une longueur d'onde déterminée  $\lambda_x$  pouvant être égale ou différente de la longueur d'onde  $\lambda_x'$  portant le signal d'entrée  $E_x$ .

Les positions relatives des dispositifs de conversion et des lignes à retard sont en principe quelconques.

Les dispositifs de conversion de longueur d'onde qui viennent d'être décrits utilisent des convertisseurs de longueur d'onde et des portes amplificatrices séparées. Néanmoins, ces deux composants peuvent être avantageusement remplacés par le dispositif représenté à la figure 2.

Selon ce mode de réalisation, chaque dispositif de conversion  $K_i$  comporte un amplificateur optique semi-conducteur  $G$  dont une face reçoit une onde de pompe  $PR_i$  fournie par un oscillateur laser  $Lo$  accordé pour fournir la longueur d'onde  $\lambda_i$ . La face opposée de l'amplificateur est reliée à un premier port d'un circulateur  $C_i$  à trois ports. Le circulateur est disposé de façon à aiguiller la partie d'onde  $a_i$  reçue du coupleur  $C$  par son deuxième port vers l'amplificateur  $G$  et à aiguiller l'onde reçue de l'amplificateur  $G$  vers un troisième port. Dans le cas où la longueur d'onde  $\lambda_x$  de la partie d'onde  $a_i$  est différente de la longueur d'onde  $\lambda_i$  fournie par le laser  $Lo$ , ce troisième port pourra être couplé à un filtre réjecteur  $F$  calé sur la longueur d'onde  $\lambda_x$ . Le filtre  $F$  fournit alors en sor-

tie l'onde retardée  $b_i$  portée par la longueur d'onde  $\lambda_i$ .

L'amplificateur  $G$  est dimensionné de sorte que, lorsqu'il est alimenté en courant, il fonctionne en régime de saturation si la partie d'onde  $a_i$  est à un niveau haut de puissance, c'est-à-dire lorsque le signal d'entrée  $E_x$  est à son niveau haut de puissance.

Selon la réalisation représentée, la partie d'onde  $a_i$  et l'onde de sonde  $PR_i$  injectée dans l'amplificateur ont des sens de propagation opposés. Selon une variante, on pourrait appliquer ces deux ondes de façon co-directionnelle. Néanmoins, la disposition représentée assure une meilleure élimination de la longueur d'onde  $\lambda_x$  de l'onde fournie  $b_i$ .

Le dispositif à retard qui vient d'être décrit trouve une application intéressante pour réaliser un dispositif de synchronisation de canaux optiques constituant un multiplex de longueurs d'onde. Un tel dispositif de synchronisation est illustré à la figure 3.

Le dispositif comprend un démultiplexeur d'entrée  $M_1$  et un multiplexeur de sortie  $M_2$ . Le démultiplexeur d'entrée  $M_1$  est muni d'un port d'entrée  $P_1$  et de plusieurs ports de sortie  $Aa, Ab, Ax, Az$ . Le multiplexeur de sortie  $M_2$  est muni d'un port de sortie  $P_2$  et de plusieurs ports d'entrée  $Ba, Bb, Bx, Bz$ . Le démultiplexeur  $M_1$  est prévu pour fournir par ses sorties  $Aa, Ab, Ax, Az$  les canaux  $Ea, Eb, Ex, Ez$  portés respectivement par les longueurs d'onde  $\lambda_a, \lambda_b, \lambda_x, \lambda_z$  d'un multiplex d'entrée  $We$  reçu par le port d'entrée  $P_1$ .

Les sorties  $Aa, Ab, Ax, Az$  du démultiplexeur  $M_1$  sont reliées respectivement aux entrées  $Ba, Bb, Bx, Bz$  du multiplexeur  $M_2$  par l'intermédiaire de dispositifs à retard variable  $Da, Db, Dx, Dz$ . Chacun de ces dispositifs à retard est réalisé conformément à l'invention, selon la variante qui comporte un convertisseur de sortie  $k_x$ . Le multiplexeur  $M_2$  et les dispositifs à retard  $Da-Dz$  sont prévus pour que les longueurs d'onde  $\lambda_a, \lambda_b, \lambda_x, \lambda_z$  fournies respectivement par les dispositifs à retard  $Da, Db, Dx, Dz$  correspondent respectivement aux longueurs d'onde autorisées aux entrées  $Ba, Bb, Bx, Bz$  du multiplexeur  $M_2$ .

En fonctionnement, les dispositifs à retard  $Da, Db, Dx, Dz$  reçoivent respectivement les commandes  $Ra, Rb, Rx, Rz$  qui définissent les retards à appliquer respectivement aux canaux  $Ea, Eb, Ex, Ez$  correspondants. Ainsi, les différents canaux  $Ea-Ex$  du multiplex d'entrée  $We$  peuvent être retardés chacun d'une valeur déterminée et le multiplexeur  $M_2$  fournira en sortie un multiplex de sortie  $Ws$  constitué de ces canaux sélectivement retardés.

Les canaux du multiplex de sortie  $Ws$  sont portés par les longueurs d'onde  $\lambda_a-\lambda_z$  imposées par le multiplexeur  $M_2$ . Ces longueurs d'onde  $\lambda_a-\lambda_z$  peuvent être identiques ou différentes des longueurs d'onde  $\lambda_a-\lambda_z'$  du multiplex d'entrée  $We$ .

# Revendications

1. Dispositif pour créer un retard variable entre une onde optique de sortie (Sx) et une onde optique d'entrée (Ex) modulées entre des niveaux bas et haut de puissance, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un coupleur (C) comprenant au moins une entrée (P) pour recevoir l'onde optique d'entrée (Ex), et n sorties (A1-An) pour fournir des parties (a1-an) de ladite onde d'entrée (Ex),
- un multiplexeur (M) comprenant au moins une sortie (Q) pour fournir l'onde optique de sortie (Sx), et n entrées (B1-Bn) calées respectivement sur n longueurs d'ondes ( $\lambda_1$ - $\lambda_n$ ) différentes associées, lesdites entrées (B1-Bn) du multiplexeur (M) étant couplées respectivement aux sorties (A1-An) du coupleur (C) par l'intermédiaire de dispositifs de conversion de longueur d'onde associés (K1-Kn) et, pour au moins n-1 entrées (B2-Bn) du multiplexeur (M), respectivement par l'intermédiaire de lignes à retard (L2-Ln) toutes différentes,

et en ce que chaque dispositif de conversion (Ki) a une fonction de porte optique amplificatrice (G) pour fournir sélectivement une onde convertie (bi) modulée en fonction de ladite onde d'entrée (Ex) et portée par une longueur d'onde ( $\lambda_i$ ) égale à celle associée à ladite entrée (Bi).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque dispositif de conversion de longueur d'onde (Ki) comprend un amplificateur optique semi-conducteur (G) couplé d'une part à l'une desdites sorties (Ai) du coupleur (C) et d'autre part à un oscillateur laser (LO) fournissant une onde de sonde (PRi), ledit amplificateur (G) étant prévu pour fonctionner en régime de saturation lorsque l'onde optique d'entrée (Ex) est à son niveau haut de puissance, ladite onde convertie modulée (bi) étant ladite onde de sonde (PRi) amplifiée par ledit amplificateur (G).
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite onde de sonde (PRi) et la partie (ai) de l'onde d'entrée (Ex) injectées dans ledit amplificateur (G) ont des sens de propagation opposés.
4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend un convertisseur de longueur d'onde de sortie (ks) relié à la sortie (Q) dudit multiplexeur (M).
5. Dispositif pour la synchronisation de canaux optiques formant un multiplex de longueurs d'onde (We), caractérisé en ce qu'il comprend :

- un démultiplexeur d'entrée (M1) comportant un port d'entrée (P1) apte à recevoir un multiplex d'entrée (We) formé de canaux (Ea-Ez) portés respectivement par des longueurs d'onde d'entrée ( $\lambda_a$ - $\lambda_z$ ), et plusieurs ports de sortie (Aa-Ax) aptes à fournir respectivement lesdits canaux (Ea-Ez) dudit multiplex d'entrée (We),
- un multiplexeur de sortie (M1) comportant des ports d'entrée (Ba-Bz) associés respectivement auxdits canaux (Ea-Ez) et calés respectivement sur des longueurs d'onde de sorties ( $\lambda_a$ - $\lambda_z$ ),

et en ce que chaque port de sortie (Ax) est couplé à un port d'entrée (Bx) par l'intermédiaire d'un dispositif à retard variable selon la revendication 4, et dont le convertisseur de longueur d'onde de sortie (ks) délivre la longueur d'onde qui est associée audit port d'entrée (Bx).

FIG. 1

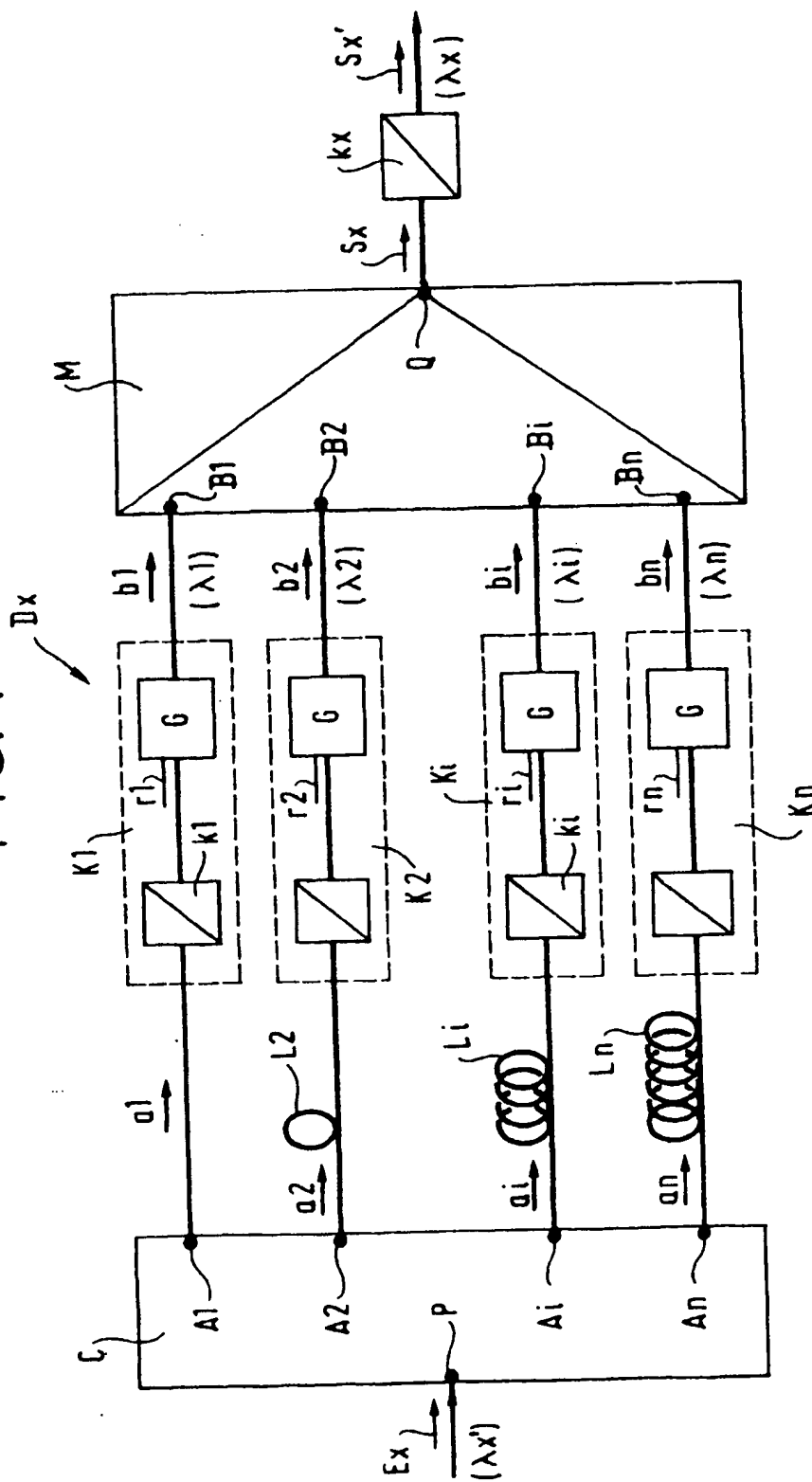


FIG. 2

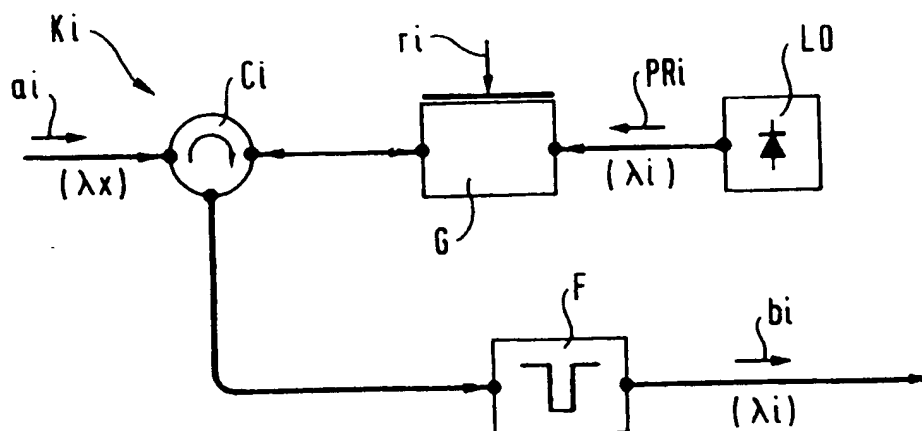
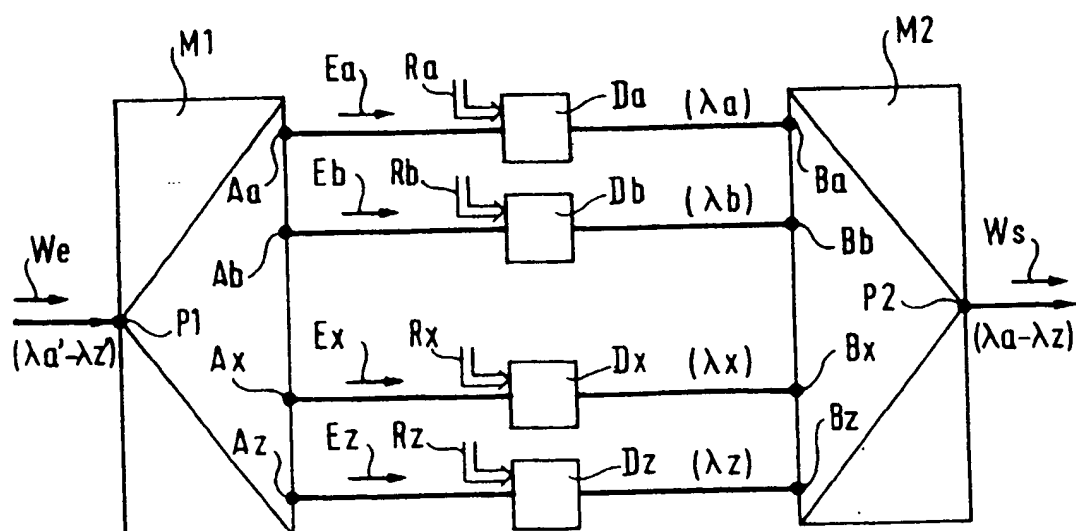


FIG. 3





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 97 40 2261

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	MASETTI F ET AL: "FIBER DELAY LINES OPTICAL BUFFER FOR ATM PHOTONIC SWITCHING APPLICATIONS" NETWORKING: FOUNDATION FOR THE FUTURE, SAN FRANCISCO, MAR. 28 - APR. 1, 1993, vol. 3, 28 mars 1993, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, pages 935-942, XP000419653 * page 939, colonne de droite, ligne 12 - * page 940, colonne de gauche, ligne 39 *	1.5	H04Q11/00 H04J3/06 H04J14/08
A	CHOA F S ET AL: "A WDM IMPLEMENTATION OF OPTICALLY TRANSPARENT PHOTONIC ATM SWITCHES" PROCEEDINGS OF THE LASERS AND ELECTRO-OPTICS SOCIETY ANNUAL MEETING (LEOS), BOSTON, OCT. 31 - NOV. 3, 1994, vol. 1, 31 octobre 1994, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, page 232/233 XP000510763 * figures 1,2 *	1.5	
A	US 5 325 222 A (JACOB JEAN-BAPTISTE ET AL) 28 juin 1994 * figures 3,7 * * colonne 2, ligne 14-23 * * colonne 6, ligne 56 - colonne 7, ligne 25 *	1.5	H04Q H04J
A	JACOB J B ET AL: "VERY HIGH BIT RATE OPTICAL SWITCH FOR ATM APPLICATIONS" COMMUTATION ET TRANSMISSION, vol. 16, no. 2, 1 janvier 1994, pages 5-14, XP000450570 * page 9, colonne du milieu, ligne 10-41 *	2	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche <b>LA HAYE</b>		Date d'établissement de la recherche <b>12 janvier 1998</b>	Examineur <b>Dhondt, E</b>
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande I : cité pour d'autres raisons S : invention de la même famille, document correspondant</p>	
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : annexe-plan technologique U : divulgation non-écrite W : document interne</p>			

EP 0 835 035 A1 (1998.01.12)